

理科学習の評価に関する研究（その2）

—— 問題解決の過程における評価 ——

本 間 質 郎
林 等

1 研究の趣旨

科学技術の著しい発展は、世界各国に教育改革運動を巻き起こし、理科教育についても、その現代化を強く要請してきたが、それは、科学技術の発展によってもたらされた知的情報や、それを成立させている考え方、方法などを理科教育の中に導入し、科学技術の急速な発展に即応しようとする意図からである。

世界各国をはじめ、わが国で進められている理科教育現代化の共通な指導理念は「知識のつめ込み的な指導を廃し、科学的基本概念を自然の探究の過程を通して理解させるとともに、科学的な考え方や方法を身につけさせることである。」と解釈している。

改訂小学校指導書理科編では、理科の総括目標として「自然に親しみ、自然の事物・現象を、観察、実験などによって、論理的、客観的にとらえ、自然の認識を深めるとともに、科学的能力と態度を育てる。」とあり、同じく改訂された中学校理科の総括目標は「自然の事物・現象への関心を高め、それを科学的に探究させることによって、科学的に考察し処理する能力と態度を養うとともに、自然と人間性活との関係を認識させる。」となっている。これについて高島健一は「これらは総括的な目標であり、具体的な目標はさらに細かく述べられているが、それらをもあわせて考えられることは、関心・能力・態度についてのおさえがなされていることである。自然に対する関心と、科学的に探究していく能力・態度を養うことが理科の目標であり、そこで培われるのは科学的思考力ということであろう。そしていささかの飛躍を承知で考えるならば、理科で学力とは、この科学的思考力を意味するものとしてさしつかえないであろう……。」¹⁾と述べている。

また、広岡亮蔵は「理科授業において、なにを教え、どんな能力をのばしたらよいのだろうか。それは『科学的知識をつけるとともに、科学的思考力をのばすことだ。』という点では、最近の国内外の授業改革の動向は、ほぼ一致している。」²⁾と述べている。

このような理科教育界の動向を反映して、指導法の研究にも、児童生徒の発達段階に即して、児童生徒自らが探究の過程をたどり科学的思考力を身につけることを意図した指導の実践研究報告が多くなったようである。

しかし、これらの実践研究報告には、評価方法について明示していないか、あったとしても、つけたし的なものが多く、その評価の観点も、旧態依然とした知識の再生を求めているものが多いのが現状である。

指導は、評価によって改善されるものであり、その意味において、評価は、いつも指導に通ずるものである。

理科の指導が、児童生徒に探究の過程をたどらせることにより、科学的思考力を身につけさせることを重要なねらいのひとつにしていることを考えるとき、評価も、そのようなねらいの達成度を測定する

方向に改善する必要がある。また、学習指導も、このような観点に立った評価を通してこそ、その改善も可能になるものと考ええる。

ここでは、以上のようなことから、探究としての過程を重視し、科学的思考力を身につける理科指導のあり方を、このような観点に立った評価の研究を通して追究し、その改善を図るとともに、理科教育現代化へのひとつの資料を得ることを意図して行なうものである。

2 研究の目的

科学的思考力は、児童が自然を科学的方法によって探究していく問題解決の過程において育成されるものである。したがって、科学的思考力の育成を重要なねらいとする理科での学習評価は、問題解決の過程の中で、教材のねらいに迫ろうとする児童の発展的変容の様相を適格には握し、価値判断することこそ必要であろう。

ここでは、このような立場から、教材のねらいに迫ろうとする児童の発展的変容の様相を適格には握し、価値判断する問題解決の過程における評価のあり方を追究し、指導法改善に役立てることを目的とする。

今回は、この研究の第2年次として、昨年度（43年度）仮説として指導過程に位置づけた評価構造が、児童の目標への接近の様相をは握するのにふさわしいものであるか、また、児童の思考の傾向、つまずきなどを明らかにし、指導の改善に役立つかを、授業を通して再度検討し、問題解決過程での評価のあり方を明らかにする。

3 研究の経過

この研究は、およそつぎのような経過で行なってきた。

第1年次（昭和43年度）

- 評価に関する現場の実態をは握し、その問題点を考察した。
- 学習評価についての基礎的なことがらを文献を通して明らかにするとともに、問題解決の過程に即して「評価仮説を位置付けた指導過程を設定し、授業研究を通して、その1部について可能性を検討した。

第2年次（昭和44年度）

- 第1年次に設定した「評価仮説」に検討を加えたいうで、それを構造的に位置づけた指導過程を設定し、研究授業を通してその妥当性について検討し、問題解決過程での評価のあり方を追究する。

4 研究の基本的立場

この研究を進めるにあたり、まず最初に、科学的思考や方法、評価などについて、筆者は、どのようにとらえているかを明らかにしたい。

(1) 科学的思考について

「科学的思考とは、物事を考える場合に、事実に基づいて筋道を立てて考えることであり、さらに、

こうして考えた結果を一般化し、別な事実にあてはめてみて、正しいかどうかを確かめていく思考様式である。」と解釈している。

科学的思考については、いろいろの定義があるが、ここに2、3の説を引用してみると、「科学的思考は、これを合理性と実証性とする思考の様式と解する。このことは、すなわち、物事を考えた場合に筋道をとおすことであり、さらに、こうして考えた結論をもう一度事実にあてはめてみて、果してそれが正しいかどうかを事実在即して確かめてみるといった、事実を尊重する考え方である。」³⁾

「……既知の知識を仮りに肯定してみたとき、そこからどんなことがいえるかと考え、そして、そのいえることを検証してみる。すなわち、改めて見たり聞いたりいじったりなどして、これによって知られたことに比較して、それが一致するか否かを確かめる。そして一致が確かめられたとき、さきに肯定したことを真であると改めて認める。……」⁴⁾

「科学的な考え方とは、事実にもとづいて筋道を立てて考えることであり、さらに、その結果を別の事実にあてはめてみて、正しいかどうか確かめてみることである。」⁵⁾

これらの説に共通するものは、すなわち、仮説を立て、その仮説から「こういう現象が起こるはずだ。」と演繹的に考え、演繹的に考えた現象が、実際に考えたように起きるかどうか検証し、帰納的に確かめてみることであろう。これは、前述した筆者の考えとも通ずるものである。

こうとらえてみると、科学的思考とは、問題解決にあたってはたらく思考であるといえる。

指導にあたっては、この論理を通し客観化する過程を固定的に考えるのではなく、動的で柔軟性のある考え方が出るように配慮することが、創造性の育成とも関連して重要なことである。

(2) 科学的思考と科学的方法の関係について

「科学的方法とは、科学的思考と科学的処理の方法であり、これは、問題解決の方法である。」と解釈している。

このことについて、現行小学校理科指導書に「問題解決にあたっては、児童が科学的な方法の必要なことに気づき、これを実行しようと努力するところに指導の重点が置かれることになる。」⁶⁾、「問題解決の過程において、科学的な考え方、処理のしかたを身につけさせることができるのであるが……。」⁷⁾と述べている。また、「理科指導における科学的思考を問題にするためには、近ごろはやりの『自然探究過程』とか『科学の方法』とかの関係を考えないわけにはいかない。いうまでもないことであるが、科学的思考は、理科だけの専売ではあるはずはない。…中略…理科での科学的思考とは、自然を科学的方法によって探究していく過程において発揮されるものであるとってよいと思う。」⁸⁾

これらは、問題解決の方法が科学的方法であり、その過程で、科学的思考や科学的処理の方法が育成されることを意味している。したがって、科学的方法は、単なる操作的なものではなく、そこに科学的思考が重要なはたらきをしており、むしろ、方法と思考は一体のものであると考えるべきだろう。

(3) 評価と指導の関係について

「教育評価は、指導の全過程において、児童がどのように変容しつつ指導のねらいに迫っていくかの姿を価値判断するとともに、教師のよりよい指導の手がかりを得るためのものである。」と解釈している。

評価については、「評価とは……いいかえるならば、子どもたちの行動がどう変わったかをつきとめ

ることであり、彼らの成長と未来の可能性がある場からひきだすことへの努力である。」⁹⁾

「教育実践は、自然過程ではなく、人間の自覚的な観念と行動のひとつである。だからこの世界にも評価はつきまとう。それどころか、評価という内面の具体的な現われが教育実践なのだ。と考えられている。……現代の教育思想は、評価と教育の関係については『評価もまた教育でなければならない。』という原則をつくりだした。」¹⁰⁾

「教育評価は、教育の過程や成果などを確実にとらえ、これを教育目標に照らして、良かったか、悪かったかを判断し、その有効性を数えあげることである。……中略……ところで、対象を教育の目標に照らしたところ、目標からそれていたことが確認できたでしょう。この場合、教師としては、当然これを目指して正向せしむるよう処置をとることになる。この処置に対し、対象がどのような反応をしたかを確認する必要がある。その反応の確認に基づき、さらに対象を目標に近づけるべく、次の処置が構えられる。というように、反応の確認と処置を連続的に繰り返し、対象を教育目標に追い込んでいく営みが教育活動そのものである。この場合、処置という活動は指導であり、反応の確認という活動は評価にほかならない。したがって指導と評価は教育活動の二つの面であり、車の両輪であり、両者は一体となって教育活動に融合しているものである。……中略……指導は教育課程に従って展開される過程である。これと表裏一体であるべき評価も、また当然指導の過程が対象となることは言うまでもない。かくみると、評価は本質的に過程（プロセス）の評価であり、指導形成の過程の評価でなければならないことがわかる。」という説のように、教育活動そのものが評価活動であり、評価活動の連続的、発展的な展開過程が、指導過程であると考えている。

科学的思考力の育成を重視する理科の学習評価は、問題解決の過程の中で、教材のねらいに迫ろうとする児童の発展的変容の様相を適格には握し、価値判断することこそ重要であろう。

5 研究の手順と方法

この研究は、次のような手順と方法で進めた。

(1) 評価仮説を指導過程に位置付けた評価構造の設定（仮説の設定）

科学的思考力を身につけさせるための学習指導のあり方を、授業中の評価を通して究明し、学習指導法の改善を意図したこの研究では、指導の過程での評価をささえている諸条件（評価の場、基準、観点、方法など）を、文献をもとにして明らかにし、それを指導過程に位置づけた評価構造を考える。

(2) 研究授業による問題点の考察（仮説の検証）

評価仮説を位置づけた指導過程によって授業研究を行ない、評価仮説が、目標に対しての児童の思考の深まり、傾向、つまずきなどを明らかにすることができ、指導の改善に役立つかを考察するため想定した問題解決の過程に沿っていくつかの場面（評価場面）を設定し、児童ひとりひとりの見方や考え方を質問紙に記入させるとともに、それに基づく発言、行動を記録し、その記録とテープレコーダーによる授業記録とを対応しながら分析する。

また、指導効果（特に知識・理解面についての指導効果）をみるひとつの手段として、授業終了後に評価基準を参考にして作成したペーパーテストを実施し、上記の資料と対応させながら考察した。

なお、問題解決の過程で、児童の見方・考え方を記入させるための質問紙は、次のような内容と方法

で行なった。

＜児童に記入させた内容＞

- 矛盾や疑問を感じたこと。問題としたいこと。
- 問題についての予想、予想の根拠。
- 実験・観察の方法。
- 実験・観察でわかったこと。また、どうしてそうだったかの理由。
- 実験・観察の結果から、新しく生じた疑問など。
- 学級集団での討議により、自分の見方・考え方が変わった場合は、その変わった見方・考え方。

＜記入用紙と記入方法＞

記入させる用紙は、わらばん紙を4つ切にし、その中に(図-1)のように、予想される問題解決の過程に沿って作成したチェックリストに基づいて、教師の発問の形で質問を印刷したものを使用した。

質問は、1単位時間3～5で、2年生の場合は、図を描いて、その図に記入させる方法も加味し、書くことの抵抗を少なくした。1項目の答は、慣れてくると、2分前後で書けるようになる。

なまえ
⑥ やじろべえが、おもりの おもいほうにかたむく のは、どうしてだとおも いますか。
(あなたのかんがえ) おもりのおもいほうは、 シーソーのときのように、 かるいのより、下の方へい こうとするから。

なまえ
⑪ おもりのおもさをちが えても、やじろべえをま っすぐたせるには、ど うしたらよいでしょう。
(あなたのかんがえ) おもいほうのねんどを、 だんだんどうのほうにちか づけると、まっすぐたつよ うになる。

(3) 授業の対象と実施期日

2年生(46名, 1校, 1学級)

単元「やじろべえ」昭和44年12月
16, 17日実施。

4年生(41名, 1校, 1学級)

単元「もののうきしずみ」昭和44年
12月16, 17日実施。

なお、2年生の場合は、2時間連続
の授業形式でなく、中に1時間体育の
時間をとった。

(図-1) 2年やじろべえでの質問用紙と、A子の記入例

6 指導過程における評価の基準、観点、方法について

評価は児童が問題を解決する過程の中で行なわれる必要があることはすでに述べたとおりである。理科の学習指導は、まず、指導目標の分析がなされ、それと、児童の実態との関係から、素材が教材にまといえられ、全体的な見通しの上に立って、具体目標が立てられ、具体目標達成のため、児童の問題解決の過程を想定して構成した指導過程によって行なわれる。

したがって、問題解決の過程の中で評価を行なうには、それを想定して構成した指導過程において、あらかじめ、具体目標とのかかわり合いの上で、どの場で、どのような基準と観点、方法で行なったらよいかを明確にする必要がある。

(1) 評価場面と評価基準について

理科の学習指導が児童の問題解決の過程を想定して構成した指導過程に即して行なわれることはすでに述べたとおりであるが、その過程が、具体化された目標の達成を目指すものである以上、評価の場は、児童の思考が具体化された目標に向かって変容する問題解決過程の各段階(指導過程の各段階)で行な

われることになる。また評価の基準は、具体化された目標の到達度でみるわけだが、その場合、問題解決過程における各段階は、具体化された目標の達成に向かって、その段階独自のねらいをもっているから、評価の基準も、各段階でのねらいの到達度でみることになる。

(2) 評価の観点について

現代の理科教育は、すでに述べたように、科学の方法を身につけさせることを重要視しているが、科学の方法の基本となるものは、科学的思考力である。科学的思考力は、問題解決の過程で育てられるものであるから、その過程でどのような観点から評価するかが問題になってくる。

科学的思考力の評価の観点については、いろいろの説が述べられているが、研究の基本的立場ですでに述べたように、科学的思考とは、物事を考える場合に、事実に基づいて筋道を立てて考えることであり、さらに、こうして考えた結果を一般化し、別な事実にあてはめてみて、正しいかどうかを確かめていくといった合理性と実証性を特質とする思考の様式としてとらえている関係上、ここでは、次のような観点で評価する立場をとった。

(a) 客観的にとらえようとする考え方をするかどうか。

科学的思考は、ものごとを合理的に考察することがその生命であるが、合理的に考察するには、まず第1に、自然の事物・現象を客観的にとらえる必要がある。いろいろの事物・現象を見たとき、自己中心の想像から脱して、客観的にとらえようとするかどうかということである。ここでは、事物・現象をありのままにとらえているか、だれもがなっとくするようなとらえ方をしたかどうかなどが観点になる。

(b) 抽象的にとらえようとする考えができるかどうか。

客観的にとらえることが第1であるとするならば、その第2は、自然事象を抽象的にとらえることであろう。それは、自然事象を、単に現象面でありのままにとらえるだけでなく、そこから共通な性質を引き出し、言語や数などで抽象化してとらえさせることである。児童が自然の事象を、観察や実験によってとらえた結果を、言語や数などで正しく記述することは、科学的思考を高めるためにたいせつなことである。評価の場合は、児童の心的な動きとともに、現象を解決していくための知識、あるいは態度技能などが対象となろう。

(c) 論理的にとらえているかどうか。

自然事象が、言語や数などで抽象的にとらえられたとしても、それらの内容の論理性が問題となる。

児童が自然事象を概念的にとらえても、それらの内容に論理的な矛盾や誤りがあれば、自然事象は正しく理解できない。また、個々の自然事象に、原理や法則を適用する場合にも、論理的な検討がなされなければ、やはり自然事象を正しく理解することはできない。したがってここでは、抽象化された原理・法則などを、帰納的に筋道を立てて体系化したり、さらに、それらが一般的な事実にあてはまるかどうか、筋道を立てて演繹的に考え、また普遍化したりする方向に思考が働くかどうか観点となろう。

(d) 実証しようとする考えができるかどうか。

科学的思考で、合理性とともにたいせつなことは、実証性である。これは、事実を重視し、事実に基づいて考察することである。問題を解決する場合、観察によって得られた事実をもとにして予想を立て、それを観察や実験によって検証し、その結果をふたたび事実によって確かめるといった、事実から出発し、事実をとおして、事実にもどるといふ実証的なとらえ方をしているかどうかである。この場合は、

実証方法の着想，発想，知識，経験，洞察が評価の対象となる。

(e) 創造的に考えることができるかどうか。

ひとつの事実を筋道立てて考える場合，常に創造的思考を必要とする。つまり，予想を立て，仮説を立てて，それにもとづいて事実を究明すること，それ自体が創造的なのである。ここでは，この過程において発揮される新しい考え方，鋭い発想，直観などによる動的な柔軟性のある考え方をよくみて評価することが必要であろう。

問題解決の過程では，上記五つの思考がおのおの単独に働くのではなく，相互に複雑にからみ合いながら深まるものであると考える。なお，これら5項目の評価観点を指導過程に位置付けるにあたっては，評価基準に迫っていく児童の迫り方の様相がよくわかるように想定した問題解決過程に即して，具体的な児童の活動の様相であらわした。これらの評価観点は，具体的な教材が入った場合，教材の内容に即して設けられるわけである。

(3) 評価方法について

評価の方法は，評価基準，観点との関連から，最も客観的には握できると考えられる方法をとる必要がある。

今回は，前述したように，指導の各段階ごとに教材の内容に即して評価基準，観点を設け，チェックリストを作成し，個々の児童の考えを質問紙に自由記述させるとともに，テープレコーダーによる指導記録と対応しながらみる方法をとった。

7 評価仮説を位置付けた指導過程の設定

(1) 指導過程の基本型

科学の方法を重視し，児童に科学的思考力を身につけさせるためには，授業の中で児童の活動が，創造的主体的に行なわれるような指導過程を仕組んでいかなければならない。それには，児童の自然認識の仕方を基盤にした問題解決の過程を想定し，指導過程を構成する必要がある。このような観点到立つた指導過程の基本型を次のように考えている。

〔指導過程の基本型〕

〔各段階での児童の意識・思考・行動の様相〕

(a) 問題のは握

児童が実際に自然の事物・現象に直面して，自分の先行経験や既存の知識で解決できない矛盾を感じたとき，自然の事物・現象から問題を意識してとらえ，知的な解決への興味や関心をいだく。

(b) 解決の構想立て

ここで改めて問題場面と関連ある先行経験が総動員され，解決への意図的・分析的観察が繰り返えされ，解決への方向をもって考えがまとまり，予想や仮説が立てられるとともに，予想や仮説を確かめるための方法（材料・器具・装置も含めて）が検討される。

(c) 実験・観察

検討されたことをもとに仮説を検証するための実験・観察が行なわれる。

(d) 結果の吟味

実験・観察の結果に基づいて，仮説の検討がなされ，それを受け入れるかどうかの吟味が行なわれる。

(e) 結論・一般化

吟味がなされた後，結論を出し，それをもとに，これを類似の事象にあて

はめて検討し、一般化がなされる。

(2) 指導過程における評価構造

〔指導過程の基本型〕

〔評価の観点〕

〔評価方法〕

(a) 問題のは握

- ・自然の事象をありのままにとらえられたか。
- ・自然の事象から疑問や矛盾をもつことができたか。
- ・疑問的事象を分析的に観察し、問題の所在、性格を意識できたか。

客観性

表情観察
発言内容
チェックリストによる
質問紙の記録

(b) 解決の構想立て

- ・問題と先行経験とを関係づけて考察し、結果の予想を立てることができたか。
- ・予想した結果を導き出すための方法、順序、器具、装置などを考えだすことができたか。

抽象性

発言内容
チェックリストによる
質問紙の記録

(c) 実験・観察

- ・計画にしたがって実験・観察をしているか。
- ・実験条件をはっきりさせ、観点に基づいて事象と事象を関係的に観察することができたか。
- ・結果的事実を正しく見とり、記録し、必要な資料が集められたか。

論理性

発言内容
行動の様相
ノートの記録

(d) 結果の吟味

- ・目的に沿って資料を整理し、結果を表・図などに表わし、抽象化してとらえ、予想・仮説に照らして、その正否を判断しようとしているか。
- ・結果の誤りは、実験・観察方法の誤りでないかと検討しているか。

実証性

発言内容
チェックリストによる
質問紙の記録

(e) 結論・一般化

- ・抽象化してとらえたことを用いて関係的に考察し、筋道のとおった結論を出したか。
- ・新しい見方・考え方が定着し、それを他の事象にあてはめて、確かめることができるか。

創造性

発言内容
チェックリストによる
質問紙の記録

8 実践の記録とその考察

前述のような評価構造を位置づけた指導過程に基づき、第2学年単元「やじろべえ」、第4学年単元「もののうきしずみ」について研究授業を実施し、評価構造が、児童の目標への接近の様相をは握し価値判断するにふさわしいものであるか、また、児童の思考の傾向、つまずきなどを明らかにし、指導の改善に役立つかについて考察を加えたので、その概略について述べる。

2年生 単元「やじろべえ」

(1) 指導計画案

(a) 児童と単元

○ やじろべえを用いての実態調査によると、児童のつり合いについての判断は、左右のおもりの大きさ（かさ）、支点からのおもりの距りが左右対称の場合はつり合い、左右のおもりの大きさ（かさ）が同じで、支点からの距りが違う場合、支点からの距りが同じで、左右のおもりの重さが違う場合など、左右不對称の場合はつり合わないことなどを、形の上から感覚的にとらえている。

このことについては、左右のおもりの重さ（かさ）が違ったり、左右の腕の長さが違ったりして、傾いているやじろべえを平衡にするための条件について設問したのに対して、前者についてはかさを増減し、後者については腕の長さを等しくすることに着目する児童が多いことから裏付けられる。

相対的につり合いの基本である左右対称ということは、ばく然と感じられていると解釈できる。

○ 同じ重さのねん土ときびがらをおもりにしたやじろべえを提示すると、ねん土の方に傾くと弁別する児童が多い。これは、ねん土、きびがらそのものに対する既成概念からくる重さの違いによって判断しているものと考えられる。また、きびがらの方に傾くと判断する児童もいるが、これは、きびがらの方が大きいからで、重さとかさを混同する傾向があることを示している。

○ おもりの位置が変わると傾けるはたらきが変わることを、おもりの重さが変化したからであると考える児童が多い。おもりの重さとはたらきを混同しているわけである。

○ 本単元では、新指導要領の趣旨に沿って、これまでの実践で特に問題の多かった「腕のつけ方」で、やじろべえの立ち方が複雑になったり、製作したものが実験に役立たなかったりしないよう、やじろべえのつくり方に意を用い、おもりの重さと、おもりの位置に焦点を合わせて、おもりのはたらきを理解させようと考えた。

○ 単元の展開にあたっては、直立するやじろべえを試行錯誤しながら製作する過程を通じて、やじろべえが直立するための基本的な要素に気づかせ、実験で判断の正否を確かめる方法をとりたい。

具体的には、先に述べた児童の実態から、重さや形が自由に変えられる同質のおもりを用い、おもりの重さが変わると傾きが変わること、おもりの形が変わっても、おもりが同じければ、その動きは変わらないことをとらえさせる。次に、異質なおもりを用いて、かさが同じでも、重さに違いがあれば傾きが変わることをとらえさせ、おもりの形、かさを捨象して、重さだけを抽象してそのはたらきをとらえさせる。そのため、指先での筋肉感覚をとおして、傾ける動きを、おもりの重さに対応させながらとらえさせたい。

また、おもりの重さが同じでも、おもりの位置を変えると傾けるはたらきが変わることについては、おもりの重さが変化したと考える児童がいるので、やじろべえの両腕がはずせるものを用い、おもりの重さや、両腕の重さに変りないことを確かめさせる。また、指先での筋肉感覚をとおして、おもりの位置と対応させながら傾ける動きに違いのあることをとらえさせたい。さらに、左右のおもりの重さが違っても、支点からの距りを変えれば、傾けるはたらきを同じにし、やじろべえを直立させることができることに気づかせたい。

ここでの学習は、2年こま、3年グライダーで、中心と左右のつり合いの関係に発展し、4年てんびん、てこ、5年すわり、6年滑車、輪軸の学習で、支点からの距りと重さの関係を数量的に扱う学習や、重さと力の関係についての理解を深める学習へと発展する。

(b) 単元の目標

- 支点からのおもりの位置が同じやじろべえでは、左右のおもりの重さが同じときまっすぐ立つ。
- 支点からのおもりの位置が同じやじろべえでは、左右のおもりの重さが違うときは、重い方に傾くことから、重いおもりは、軽いおもりのより傾けるはたらきが大きいこと。
- 支点からのおもりの位置、おもりの重さが同じやじろべえでは、片方のおもりの形を変えても傾かないことから、形を変えてもおもりの重さは変わらないこと。
- やじろべえは、左右のおもりの大きさ（かさ）が同じでも、重さに違いがあると傾くこと。
- やじろべえは、左右のおもりの重さが同じでも、一方のおもりの位置が変わると傾くこと。
- やじろべえで、おもりの位置が変わって傾いても、おもりの重さは変わらないこと。
- おもりの重さが同じとき、やじろべえを傾ける働きは、おもりが支点到近いと小さく、遠いと大きいこと。
- やじろべえは、おもりの重さが違うときでも、おもりの位置を変えるとまっすぐ立つようになること。

(c) 指導の全体計画（全4時間） 一概略一

時 間	ね ら い	お も な 学 習 活 動
第1次 90分	<ul style="list-style-type: none"> ○ 支点からのおもりの位置が同じやじろべえでは、左右のおもりの重さが同じときはまっすぐ立ち、違うときには重い方に傾くこと。 ○ おもりの重さは、おもりの形を変えても変わらないこと。 ○ 左右のおもりが異質のときは、同じ大きさ（かさ）でも重さが違うこと。 	<ul style="list-style-type: none"> ・ まっすぐ立つやじろべえを作る。 ・ おもりの重さと、やじろべえの立ち方の関係を調べる。 ・ 左右に重さが同じ（同質）で形が違うおもりのつけやじろべえの立ち方を調べる。 ・ 左右に同じ大きさ（かさ）で、重さが違う（異質）おもりのつけ、やじろべえの立ち方を調べる。
第2次 45分	<ul style="list-style-type: none"> ○ おもりの重さが同じでも、おもりが支点より遠いところにあると傾ける働きが大きいこと。 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 左右のおもりの重さが同じときの、おもりの位置とやじろべえの立ち方との関係を調べる。
第3次 45分	<ul style="list-style-type: none"> ○ おもりの重さが違っても、重いおもりが支点に近く、軽いおもりが支点より遠いときは、やじろべえはまっすぐ立つこと。 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 左右のおもりの重さが違っても、まっすぐ立つやじろべえで、おもりの重さと、おもりの位置の関係を調べる。

(d) 評価仮説を位置付けた展開案例（第2次）

おもりの重さが同じ直立しているやじろべえの、片方のおもりの位置を変えると傾く現象の観察から、そのわけを予想し、予想したことを、実験をとおして確かめる過程。

指導の展開案は、下記のような形式で立案した。なお備考には、準備する教具などを記入した。

問題解決の過程	学習活動	評価基準	教師の働きかけ	予想される児童の反応	評価の観点	評価の方法	備 考
---------	------	------	---------	------------	-------	-------	-----

ここでは、紙面の都合上、問題解決の過程、予想される児童の反応、備考の欄を割愛して表わした。

⑦ 本時のねらい

おもりの重さが同じでも、おもりが支点より遠いところにあると傾ける働きが大きいこと。

① 展 開

学 習 活 動	評 価 基 準	教師の働きかけ	評 価 の 観 点	評 価 の 方 法
○ おもりの重さ、位置が同じでまっすぐ立っているやじろべえを、傾ける方法について話	○ 第1次の製作活動の経験を想起し傾ける方法を考え出せたか。	（おもりの重さ、位置が同じ直立しているやじろべえを提示して ○ 同じ重さのおも	○ 第1次の製作活動での経験を想起し、傾ける方法として、腕の開き、おもりの重さ、位	○ 発言内容。 ○ チェックリストによる質問紙の記録。

学 習 活 動	評 価 基 準	教師の働きかけ	評価の観点	評価の方法
し合う。		りがついてまっすぐ立っているやじろべえを傾けられないだろうか。 ○それでは、おもりを動かしてみてください。	置などの要素に着目し、結果の予想を立てることができたか。	
○おもりを胴の方に近づけた腕が、上に上がったわけについて話し合う。	○傾く現象の観察から、そのわけについて、自分なりの考えが持てたか。	○おもりを胴の方に近づけた腕が、上に上がりましたね。どうして上に上がったと思いますか。	○第1次で学習した、おもりの重い方に傾く、おもりの重い方は、やじろべえを倒そうとするはたらきが大きいなどの先行経験と関係づけて考察し、結果の原因を考えられたか。	○発言内容。 ○チェックリストによる質問紙の記録。 ○話し合いの状況。
○おもりを動かすと、重さが変わるかどうか調べる方法について話し合う。	○おもりを動かすと重さが変わるかどうか調べる方法が考えだせたか。	○上に上がった腕の方のおもりは、胴の方へ動かしたので軽くなったと考えたわけですね。軽くなったかどうか確かめるにはどうしたらよいと思いますか。 ○みなさんの考えでは、おもりをつけたまま両方の腕をはずして重さをくらべ、おもりをどうの方へ動かした腕が軽ければいいわけですね。	○両方のおもりの重さをくらべるのに必要な器具、装置、方法は、どんなものが考え出せたか。	
○おもりを動かすと、おもりの重さが変わるかどうか調べる。	○両方のおもりの重さをくらべるといふ目的意識を持って実験したか。	○それでは両方の腕の重さをくらべてみてください。	○実験条件、方法など、適格に行なわれたか。 ○主観にこだわらないで、重さを正しく比較できたか。	○行動の様相の観察。 ○ノートの記録。

(2) 授業の記録とその考察 (1部掲載)

この記録は、第1次1時間目の直立するやじろべえを試行錯誤しながら製作する過程と、第2次のおもりの位置が変わると、やじろべえを傾けるはたらきが変わることをとらえる過程の1部を抜粋したものである。(T:教師の働きかけ, C:児童の反応, ◎:多数の児童の反応)

なお、チェックリストによって質問紙に児童の見方、考え方を記入させるための発問は、発問の末尾にそのことを付記し、結果は、項目別に分類して表わした。

(a) 用意された材料で、直立するやじろべえを試行錯誤しながら製作し、製作活動をとおして直立させるための基本的な要素に気づく過程。(第1次1時間目)

児童の机上に用意した材料は、針金(18番線30cm)、ねん土(同重量のもの2個1組で、3組)、厚いボール紙(やじろべえの絵を描いたもの)、木製の台(やじろべえをのせる台)

＜評価の基準＞

・やじろべえを直立させるための要素に着目できたか。

・やじろべえの立ち方から、直立するための要素を考えながら製作しているか。
 ○おもりの重さ、腕の長さなど、やじろべえを直立させるための要素に着目できたか。

客観性
 創造性
 論理性

製作に入る前に、教師製作のやじろべえを提示し、どんな部分からできているか確認するとともに、自分の体と対応させて各部分に名称をつけ、製作に必要な材料を話し合う。

T1 みなさんが話し合った材料がここにあります。これをつかってまっすぐ立つやじろべえを作って遊びましょう。

作るとき、最初に何をどのようにしてつくったかよくおぼえておいてください。そしてまっすぐ立つようにするため、次にどこをどのように直したか、直した順に紙に書いてください。

ここで児童は、おもいおもいにやじろべえを作りはじめる。

7, 8分すると、「立った、立った。」という歓声が出はじめた。

T2 やじろべえがまっすぐ立つように、1回目に作ったとき、どんなことに気をつけながら作ったか紙に書いてください。

次に、1回でまっすぐ立たないで、2回目3回もつくり直した人は、どこをどのように直したらまっすぐ立ったか、その下を書いてください。＜調査3実施＞

製作過程の途中で、児童が製作したやじろべえの中から、直立するものと直立しないもの（左右の腕の長さが違う、針金の中心が胴の真中からずれたり、胴の上の方につきすぎているものなど）を提示し、直立させるための要素に気づきやすいように比較観察させた。

なお、全員が製作を完了後、製作過程で気付いた直立させるための必要な要素を発表させた。

T4 やじろべえは、どこをどのようにしたらまっすぐ立ちましたか。

C1 ねん土の玉を両方とも同じ大きさのものにしたらまっすぐ立った。

C2 先生、ぼくは針金をすごく下の方へまげたら立ちました。

C3 あんまり開きすぎてもだめなので、両方とも同じくらいに下の方へ曲げたら立ちました。

C4 ぼくは、針金を中心から曲げて、やじろべえのボール紙の真中のところへつけたら立ちました。

C5 うでの長さをものさしではかって同じにしたら立ちました。

C6 人形の中心のところに、針金の曲げたところをつけたら立ちました。

T3 みなさん書きましたか。

◎ はい。

調査3の結果は次の表のとおりである。表1は、直立させるための要素として、最初にどんな点に着目して製作をはじめたかを表わし、表2は、作り直す過程で、どんな点に着目して作り直したかを表わす。表3は、直立までの改善回数である。

（表-1）

同じ大きさのねん土をつけた。	32人
針金の真中とボール紙の真中を合わせた	14人
針金を真中から曲げた。	12人

（表-2）

やじろべえを描いたボール紙の真中と針金の真中を合わせる。	12人
針金をボール紙の下の方へずらした。	7人
針金を下の方へ曲げた。	6人
おもりを大きいのに変えた。	2人
ねん土のおもりを動かした。	1人

（表-3）

1回の製作で直立した。	17人
1回の改善で直立した。	13人
2回の改善で直立した。	10人
3回の改善で直立した。	1人

（左右の腕の長さが違う、針金の中心が胴の真中からずれたり、胴の上の方につきすぎているものなど）を提示し、直立させるための要素に気づきやすいように比較観察させた。

なお、全員が製作を完了後、製作過程で気付いた直立させるための必要な要素を発表させた。

T4 やじろべえは、どこをどのようにしたらまっすぐ立ちましたか。

C1 ねん土の玉を両方とも同じ大きさのものにしたらまっすぐ立った。

C2 先生、ぼくは針金をすごく下の方へまげたら立ちました。

C3 あんまり開きすぎてもだめなので、両方とも同じくらいに下の方へ曲げたら立ちました。

C4 ぼくは、針金を中心から曲げて、やじろべえのボール紙の真中のところへつけたら立ちました。

C5 うでの長さをものさしではかって同じにしたら立ちました。

C6 人形の中心のところに、針金の曲げたところをつけたら立ちました。

C7 おもりを重いのに変えたらおれにくくなりました。

C8 やじろべえのボール紙の下の方へ、針金の曲げたところをつけたら立ちました。

T2 そのほかにありませんか。

（全部発表しつくしたのか、反応なし）

T5 さっきK君は、ねん土の玉を両方とも同じ大きさのものにしたらまっすぐ立ったと言いましたが、同じ大きさということでもいいですか。

C9 同じ重さ。

C10 大きいと重いから、大きさでもよい。

C11 同じ大きさでも、中がからっぽだったりしたらだめだから、同じ重さだ。

C12 中からはでない。同じねん土だ。

（ここで「重さだ」という声があちこちで起きる。）

この話し合いの後、「やじろべえの両腕のおもりの重さが同じときは直立するだろうか」を問題にし製作過程で気付いた、直立することに影響するほかの条件（両腕の長さ、両腕の開きかたなど）を一定にしたやじろべえで検証する過程をとった。

（考察）

○児童と単元の項でもすでに述べたように、つり合いについての児童の実態は、おもりの大きさ（量）、腕の長さなど、視覚の上から感覚的にとらえやすい左右対称か、非対称かで判断する傾向がある。このことは、表-1でも明らかなように、おもりの大きさ、腕の長さに着目して、やじろべえの製作にとりかかった児童が多いことでも裏付けられる。



（図-1） 学習中の児童

すなわち、相対的につり合いの基本である左右の対象ということを、ばく然とではあるが感じていることを示していると判断した。

したがって、ここでの製作活動の場合は、この感覚的なばく然とした概念を、製作という具体的操作を通して意識化させることこそ必要であろうと考える。

○表1、2や、製作後の話し合いでの T_4 の働きかけに対する C_1 の反応にみられるように、ほとんどの児童が重さと大きさを混同（物の大小は、視覚でとらえやすいため、このように表現したとみられる。）していると判断し、重さという量を意識させるため、 T_6 の働きかけを行なった。これに対する C_9 の反応は、重さに着目し、さらにこれがもとになって、同質の場合には、大きさが同じときは重さも同じという C_{10} 、 C_{12} の反応に発展した。この場合、 C_{11} の反応は、同質の場合には、前記のことが言えるということに着目させ、大きさ（量）と重さを分離してとらえることに役立っている。（大きさと重さの分離は、このあとの、左右のおもりの異質のときのつり合いを調べる学習で深められる。）

ここには、集団による相互誘発と相互補足によって、“同質のねん土で、大きさも同じから、重さも同じはずだ”という筋道を通したいわゆる論理的思考がなされたと判断した。科学的思考力を身につけさせるには、低学年から、その学年なりに筋道を通して考え、追究しているかどうか留意して指導することが必要であろう。ここでは、一応所期の目的は達せられたとみてよいだろう。

また、この筋道を通して考える論理的思考は、経験に基づく確かな知識を土台として働くものである。児童はことばで考え、ことばで知識を定着させることを考えるとき、低学年では、特にことばをたいせつにしなくてはならない。 C_1 や C_7 の発言にみられるように、大きさ（量）と言ったり、重さと言ったりすることを見のがすことなく、大きさ（量）と重さの違いを意識させ、正しく表現させることは、科学的思考力を育成する上からもたいせつなことである。

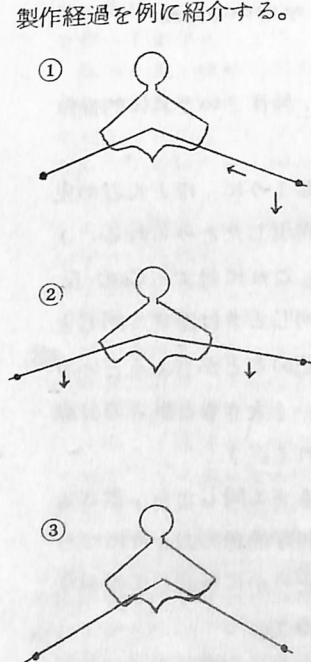
○今回の指導では、最初の製作にとりかかるとき、すでにここでのねらいとしたおもりの重さ（児童のほとんどは大きさとしてとらえている）と、腕の長さに着目して製作にとりかかった児童が多い。

ただ2要素に着目して製作しながら、ここでのねらい以外の他の要素（足が長い、うでの開きすぎ、左右のうでの開きの角度が違うなど）が不備で直立しないため、作り直す過程では、つり合うためのいろいろな要素に気づかせることになった。これらのことも重要ではあるが、児童と単元の項で述べたように、改訂指導要領の精神を生かして、おもりの重さと、腕の長さに焦点づけをし、最初からこの2要素以外の要素は規制した形の材料を与え、製作活動に入った方が能率的であったとも考えられる。

。やじろべえの製作という具体的な操作を通して、児童ひとりひとりが気づいた 両腕のおもりの重さを同じくするとか、両腕の長さを同じくする、などの直立するための要素は、実際に製作した学級集団の中に発表され、「そのとおりだ」とみんなに認められることによって、客観的事実として、みんなの思考の対象とすることができるようになったと判断した。これは、次の学習で、さらに実験によっていろいろの角度から確かめられ、より客観性の高いものとなってとらえられた。

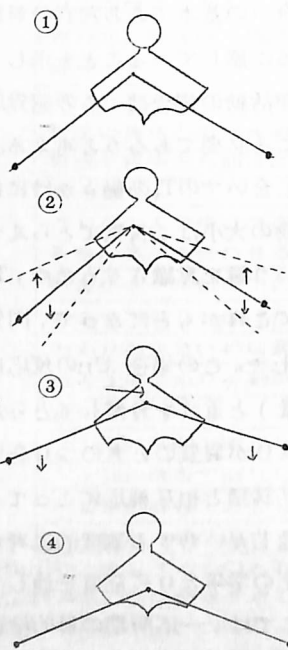
このように、みんなが認めることができるような事象のとらえ方をさせることこそ、科学的思考力を身につける上でたいせつなことである。

。やじろべえを直立させるという問題意識をもって、傾いているやじろべえの、どこをどのように直したら直立するかを試行錯誤しながら製作する過程は、創造活動そのものである。ここに、O男とS子の製作経過を例に紹介する。



(図-2) O男の製作過程

①机上の針金を無ぞうさに折り曲げ、折り曲げたところを、やじろべえを描いたボール紙の左右の両端からみると中央で、上下でみると、上から3分の2くらいの位置にセロテープではりつける。右側に傾いて立たない。
②左右の腕を上下に曲げていたが直立しない。そのうち、右側のうでが長いのに気づき、ものさしではかって中心から曲げ直したが不安定で立たない。
③両腕を上下に曲げているうち、下の方に曲げたとき直立する。



(図-3) S子の製作過程

①机上の針金をものさしではかって中心から曲げ、やじろべえを描いたボール紙にはる。はった位置は、左右の両端からみると、左に片寄り、上下でみると、上から3分の1くらいの位置である。全く立たない。
②両腕を上下に曲げてみるが立たない。
③両腕の中心が、ボール紙の左右の両端からの中心にないことに気づいて直す、不安定で立たない。
④両腕の中心を下に下げることに気づいて直したら直立する。

(b) 両方のおもりの重さが同じでも、支点からの距離が違うと、おもりの位置が支点から遠い腕の方に傾く事実から、そのわけについて予想を立て、予想を確かめるための計画を立てる過程。(第2次)

なお、この学習に入る前に、やじろべえの製作を通して、やじろべえは、両腕のおもりの重さが同じとき直立するのではないかと考え、これを実験によって確かめている。

<評価の基準>

- ・両方のおもりの重さが同じでも、おもりの位置が違うと傾く現象の観察から、おもりの位置が違うと傾ける働きに違いがあることに着目したか。

<評価の観点>

- ・重いおもりは傾ける働きが大きいなど
の先行経験と関係づけて考察できたか。
- ・両方のおもりの重さ、はたらきを比較
する方法が考え出されたか。

抽象性
論理性
実証性

T1 片方のおもりを胴の方へ近づけると、近づけた方の腕が上がリ、おもりが胴より遠いところにある方の腕が下がるのはどうしてだと思いますか。＜調査8実施＞

（調査8実施後、ひとりひとりの考えを発表させる。）

- C1 片方のねん土の玉が小さいから。
- C2 え、同じだよ。
- ◎ そうだ、そうだ。
- C3 こっち（胴の方へ移動させたねん土）のが軽いから。

- C4 すらしたねん土が軽くなるから。
- ◎ そうです。
- C5 胴の方にねん土を近づけると、反対側の方の重さになるからだと思います。
- C6 ねん土がはじの方にあると重くなるから。

C8 の発言をとりあげ、「おもりを移動すると、おもり自体の重さが変化する。」という多数の児童の考えをまず取り上げ、それを確かめるための方法について考えることにし、調査9でひとりひとりの児童の考えを記入させた後、その考えを発表させた。

T3 おもりをすらすと、おもりの重さが軽くなるかどうか確かめるには、どのようにしたらよいと思いますか。＜調査9実施＞

T4 それではみなさんの考えを発表してください。

- C9 両方のおもりをはかりではかる。
- ◎ そうです。
- C10 重さは同じだから、おもりをはかりではかっても同じだ。
- （ここで、「そうだ」という声があちこちからおきくる。）

- C11 やじろべえにつけたままではかればよい。
- C12 おもりを変えてみる。（左右の交換）
- C13 やじろべえを立てたままではかる。
- C14 手ごたえでみればよい。
- T5 いろいろの意見がでましたが、最初にどの方法で調べようか。
- C15 おもりがついたまま、胴のところからとってではかる。

- T6 はかりではかるのですか。
- ◎ そうです。

T7 それでは最初にはかりではかりましょう。
この計画に基づいて、両腕のおもさをはかりではかった結果、おもさが同じなので非常に矛盾を感じた。さらに、両腕のおもりを互いに交換してみるが、やはり前と同じように傾くことから、おもり自体の変化ではないらしいと気づく。そして今度は、手ごたえでみることになった。

— 前 略 —

- ◎ 手ごたえが違う。
- C16 おもりがはじにある方が重く感じる。
- C17 おもりがはじにある方が力がある。
- T8 みなさんもそうですか。
- ◎ はい。

C7 シーソーは、はじの方に乗った人が軽くて、まんなかの方に乗った人が重くても、軽い人の方が下がるから、ねん土も、胴の方につけると軽くなる。

C8 わたしは同じねん土だから変わらないと思う。しらべてみればいい。

T2 いろいろの意見が出ましたが、Tさんが言っていて、おおせいの人が賛成した「おもりをすらすと、重さが変わる。」という考え方からそれが正しいかどうか、まず調べてみましょう。

下の表4は、調査8の実施結果である。

（表-4）

おもりの重さが変化する。	25人
おもりの重さが反対側に移る。	9人
シーソーの事実を述べただけのもの。	5人
おもりの働きが変化する。	1人

という多数の児童



（図-4）調整中の児童
ここで、傾いて立っているやじろべえの腕を中心から切りはなし、おもりをつけたまま、自動上皿はかりではかってみることになった。
やじろべえの腕は、教師がペンチで中心から切りはなし、重さは児童がはかった。
下の表5は、調査9の実施結果である。

（表-5）

はかりではかる	24人
おもりの位置を反対にしてみる	2人
手ごたえで調べる	4人

T9 おもりがはじにある方は重く感じ、おもりが胴の近くにある方が軽く感じるのは、何が違うと言えますか。（第1次で、おもりの重さが違う場合、重い方はやじろべえを倒すはたらきが大きく、軽い方は小さいことを指先による筋肉感覚でとらえている。）

C18 下へ引っ張る力が違う。

C19 倒すはたらきです。

T10 おもりの重さが同じでも、おもりのある場所が違っていると、やじろべえを倒そうとする働きが違って来るだろうか。

C20 そうです。

C21 おもりが同じだから、同じはずだ。

C22 だっておもりがこっち（胴より遠くにある方）にあると重く感じるよ。

ここでまず、両腕のおもりを同じように両端につけて直立するのを確認した後、片方のおもりを各自が自由に移動して、再び立ち方をみる。全員のやじろべえが傾くが、移動したおもりの位置がまちまちなため、手ごたえについては、「ほとんど変わらない」「うんと違う」など、まちまちの意見が出た。

おもりを少し移動してもやじろべえが傾くことから、おもりの働きが違って来ることについては、大部分の児童が認めたが、指先による筋肉感覚を通して、働きの違いをとらえさせる必要があるため、その後、片方のおもりを指先で押さえ、もう一方のおもりを胴の方へ移動しながら、移動に伴なって、その働きが違うことをとらえさせる過程をとった。

（考察）

○両腕のおもりの重さが同じで直立しているやじろべえの片方のおもりを移動すると、やじろべえの傾く現象を観察させ、そのわけを考えさせたところ、実態調査でもみられるように、ここでも約60パーセントの児童が、おもりが移動することによって、おもりの重さそのものが変化するとみている。また、約20パーセントの児童が、おもりの重さが傾いた方に移動するとみている。

このことは、つり合いにおけるモーメントと、おもりの重さを混同した見方であり、重さの保在性を欠く見方であると判断した。

○おもりの移動によるつり合いの変化の現象を観察した後の話し合いで、C₁の「片方のねん土の玉が小さい」という発言に対して、C₂の「両方のおもりが同じ（大きさ、重さを意味している）」という反論の発言があり、多数の児童がそれを認めながらも、その直後のC₃、C₄の「移動したおもりが軽くなるから」という論理的な矛盾のある発言に対しても、多数の児童がそれを肯定している。



（図一五）おもりの働きを調べる児童

これは「やじろべえは重い方に傾く」という前次の学習経験から、やじろべえの傾く現象を直覚的にとらえ、直観的に判断したものであろうと考える。

このように低学年児童は、知らず知らずのうちに論理的な矛盾や誤りを犯す場合が多いが、教師は、これを責めるようなことは厳に慎まなければならない。

むしろこの学習では、「おもりが軽くなった」、「おもりの重さが反対側に移った」、「おもりの重さは同じはずだ」など、自分なりの考えを持つことによって、それを確かめるための実験が計画され、実施されて、それらの矛盾や誤りに気づくことになったのである。この意味において事実を重んじ、事実即ち判断しようとするC₈の発言は貴重である。実証性を重んずるこのような考え方は、科学の方法を身につける大事な芽ばえであるから、このような発言はのがさず取り上げて指導することがたいせつである。

ただ、C₈の発言にみられるように、「重さの保存性」に着目し始めている児童も数人いたのだから、

T11 おもりの重さが同じでも、おもりのある場所を違えると、やじろべえを倒そうとする働きが違って来るかどうか調べるにはどうしたらよいですか。

C23 おもりの場所を違えてみればよい。

C24 片方のおもりだけ動かしてみる。

C25 片方のおもりを胴の方へ動かしてみるとわかります。

T12 それではやってみてください。

この発言を意図的に取り上げ、これを問題としてじゅうぶん話し合わせた後、解決の構想を立てさせ、実験させる配慮がたりなかったようである。

○実験方法についての話し合いでは、まず「胴の方へ移動したおもりが軽くなる」という多数の児童のとらえ方を代表したC₉の発言が出た。しかし、その直後のC₁₀の反論によって、多数の児童は、おもりのものの重さを比較することの矛盾に気づき、C₁₀の発言を肯定する形になる。

このように、C₁₀の発言を肯定した形になりながらも、「やじろべえが傾いたのだから、傾いている腕ごと取って重さを比較すれば違いが出るだろう」といった重さの保存性を欠いた論理的な矛盾のある見方がここでも顔を出している。

このような見方は、次の実験という科学的方法により、実証的に考察することによって、そのとらえ方の誤りに気づいたと判断したが、このようなとらえさせ方が科学的思考力を育成することにもなろう。

なお、C₁₁、C₁₅の発言は、いずれも「腕のおもさが変化する」という前提に立っての検証方法の発想であるが、このような前提に立てば、両者とも筋の通った解決方法を発想したと言える。

このように、解決方法がいろいろの角度から発想されるように配慮して指導することは、創造性の育成とも関連してたいせつなことである。

○両腕のおもりの重さが同じで直立しているやじろべえの、片方のおもりの位置を変えると傾く現象から、そのわけについて予想を立て、それを実際に調べながら問題を構成していく過程をとったが、最後に「おもりの重さが変わるのではないらしい」というとらえ方が多くの児童にみられたと判断して、手ごたえで調べる方法がとられたが、その結果、C₁₆、C₁₇の発言にみられるように、ほとんどの児童が、「おもりが胴に近い方の腕より、遠い方の腕が重い」と、とらえた。それはさらに、T₉の働きかけによって、「おもく感じるのは、やじろべえを倒そうとする働きが大きいからだ」という第1次の先行経験と関係づけたC₁₈、C₁₉、C₂₀の発言に発展したことから、多くの児童が評価基準に迫ったと考えた。

このように、直立しているやじろべえの、片方のおもりの位置を変えることによって傾く現象を、観察や実験を通して実証的に考察し、その結果「おもりの位置が胴より遠いと、やじろべえを倒そうとする働きが大きい」という抽象的なとらえができたと考える。さらに、それをもとに、因果関係などを追究して、自然のきまりを導き出すのが科学的方法であり、このようなとらえ方ができるように指導することが、科学的思考力を育成する上でもたいせつであると考ええる。

3) 指導後の評価

問題解決の過程における評価仮説の検証は、指導のねらい(評価基準)に対して、児童ひとりひとりがどのように変容して迫っていったかをみ、価値判断するため、発言、行動をチェックリストに基づいて観察、記録するとともに、チェックリストに基づいて作成した質問紙の記録による個人別評価表や、ペーパーテストの結果をも合わせて総合的に評価をした。ここでは、紙面の都合上個人別評価表のみを示す。

○問題解決の過程における個人別評価表(抜粋)

評価観点		児童氏名							
		A	B	C	D	E	M	N	O
おもりの位置の移動によるやじろべえの傾くわけのとらえ方	現象論的とらえ方	×	△	△	□	△	△	•	□
	おもりの重さそのものが増減	△							
学級集団での話し合いによる変容		□			•				

4年生 単元「もののうきしずみ」

この単元は、昨年（昭和43年度）評価仮説を検証する目的で指導を行なったが、その結果、指導過程の1部に変更の必要性を感じたので、今年は、改善した指導過程で指導を試みることにした。

(1) 指導計画案

(a) 児童と単元 略

(b) 単元の目標

◎ 重さを比べるときは、体積を等しくしなければならないことをとらえさせる。

- 同じ体積の水より軽いものは浮き、重いものは沈むこと。
- 不定形のものの体積のはかり方の理解。
- メスシリンダーの使い方の理解。
- 卵などが水の中では沈み、濃い食塩水の中では浮く事実から、ものの浮き沈みは、ものと同体積の溶液の重さが基準になること。

(c) 指導の全体計画（全180分） 一概略一

時 間	ね ら い	おもな学 習 活 動
第1次 90分	<ul style="list-style-type: none"> ○ 水に浮くか沈むか決めるため、ものの重さを比べるには体積を同じくする必要があること。 ○ 同じ体積の水より軽いものは浮き、重いものは沈むこと。 	<ul style="list-style-type: none"> ・ いろいろなものを水の中へ入れ浮き沈みをみる。 ・ 沈んだものより重いもの（量大）が浮くわけについて話し合う。 ・ 沈んだものと浮いたものの重さの比べ方について話し合う。 ・ 沈んだものと浮いたものの重さを比べる（同体積） ・ どんなものが水に浮き、どんなものが水に沈むか話し合う。 ・ 浮いたもの、沈んだものと水の重さを比べる。 ・ 水に浮くもの、水に沈むものについてまとめる。
第2次 45分	<ul style="list-style-type: none"> ○ 不定形のものの体積のはかり方の理解。 ○ メスシリンダーの使い方の理解。 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 不定形のものの体積のはかり方について話し合う。 ・ メスシリンダーの使用法について説明を聞く。 ・ 不定形の沈むものの体積をはかり、同体積水の重さと比べて重いことを確かめる。 ・ 不定形の浮くものの体積のはかり方について話し合う。 ・ 不定形の浮くものの体積をはかり、水の重さと比べて軽いことを確かめる。
第3次 45分	<ul style="list-style-type: none"> ○ 卵などが水の中で沈み、濃い食塩水の中では浮く事実から、ものの浮き沈みは、ものと同体積の溶液の重さが基準になることに気づかせる。 	<p>（水やいろいろの濃度の食塩水に卵を入れ、卵が浮いたり沈んだりしている現象を観察させて）</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ Aの溶液で卵が浮き、Bの溶液で卵が沈んでいるわけについて話し合う。 ・ A、Bの溶液と卵の重さを比べる。 ・ 卵がA液に浮き、B液に沈むことについてまとめる。 ・ まとめたことを砂糖水ではどうかと確かめてみる。

(2) 授業の記録とその考察（1部掲載）

(a) 重いものは沈み、軽いものは浮くという見方から、浮き沈みを水の重さとの関係でみとり、ものの重さは、同体積にして比較する必要があることに気づく過程（第1次）。

この学習の前に、いろいろのものの浮き沈みについてその予想と根拠を質問紙に記入した後、実際に浮き沈みの現象を観察、再び浮き沈みのわけを考え、それをもとに話し合う。

＜評価の基準＞

- ・浮き沈みの原因条件に着目し、予想を立てることができたか。

＜評価の観点＞

- ・浮き沈みの判断の基準を、水の重さと客観性の関係でみることに気づいたか。
- ・物の重さを比較するときは、体積を同一にする必要があることに着目したか。
- ・論理性

児童は重いものは沈み、軽いものは浮くというとらえ方をしたので、重い（大きい）木と、木より軽い（小さい）ねん土を提示した。

T1 この木とねん土はどちらが重いでしょう。

◎ 木です。

T2 この木は重いから沈み、ねん土は軽いから浮くでしょう。

C1 木は浮く。木は重くても浮く。

C2 ねん土はうんと小さいと浮くかもしれない。（ここで事実を観察する）

T3 木が浮き、ねん土が沈むのはなぜか。

C3 浮くものはいくら大きくても浮くから。

（考察）

・ものの浮き沈みについては、最初、ものを持ったときの指先の筋肉感覚によるそのものの全体の重さが、多くの児童の問題となった。そこで大きな（重い）木やろうと、小さな（前者より軽い）ねん土や石の浮沈を考えさせ、それを事実を通して確かめさせて「重いものは沈む、軽いものは浮く」というとらえ方（表現の仕方）に矛盾があることに気づかせる方法をとったが、これは一応の成果をみたと判断した。

「重いものは沈み、軽いものは浮く」というとらえ方は、ある1人の児童の考えを、多くの児童が肯定したにすぎないのであって、現に「重くても浮く（木）」とか、「うんと小さくするとねん土でも浮くかも知れない」という考えの児童がいるわけであるから、肯定した人が多いからといって、客観性が保障されたとは言えない。事実の観察を通してこそ、客観性は高められる。

したがってこのような場合の指導は、事実を通して追究させることがたいせつで、これが科学の方法を身につけ、科学的思考力を育成することにもなると考える。

・T3に対するC3、C4の発言は、水を媒介にしてもものの物質としての重さでとらえたのに対し、C5、C6の発言は、ものと水の相対的な重さの関係に着目したとらえ方であると言えよう。

これはさらに、C7の発言に対して、大きさが違うという事実に基づいて、筋を通して考えたC8、C9の発言になり、「木は同体積の水に比べて軽いから浮く」というC10のとらえ方に発展しているが、これは論理的にとらえた結果と判定した。これはさらに、実験で確かめられ、より客観性の高いものとなった。

・C5の発言後のC6の発言や、C7の発言によるC8、C9、C10の発言内容をみると、次第に考えが深まっていることがわかる。ひとりの児童の着想がみんなのものになり、さらにそこに別な児童の着想、くふうがつけ加えられ、追究が深められていると考えた。

探究路線をあゆむ児童は、仲間とのゆたかな相互作用のなかにあるとき、効果的な探究活動をいとなむことができる¹⁷⁾という説のように、ひとりの児童の発見、くふうは、クラスの児童の発見、くふうを

誘発し、添加されてさらに深められていくものである。創造的な思考は、この過程でこそ育つのである。

9 おわりに

今回の研究は、昨年度の研究によってその1部が実証された評価仮説を、指導過程に位置づけ、評価仮説が、目標に指向して発展的に変容する児童の姿を的確にとらえるのに有効であり、指導過程の改善に役立つかを授業を通して検討したものである。

問題の解決に立ち向かう児童の科学的思考力を評価する観点として設けた5項目の仮説は、今迄の授業からみたかぎりでは、妥当なものと考えた。

なお、昨年度反省の中で指摘した、仮説としての5項目の評価観点での、それらを支える要素となる能力については、形式的に分析して各項目に位置付けることをさけ、適格な児童の実態は握と、精密な教材研究により、5項目の観点の立場から教材の内容に即して具体的に表わした。これについては今後の研究が必要である。

理科の学習指導では、児童自身が問題を見つけ、それを解決する過程で科学的思考力を身につけさせることが重要なねらいとなっている。

科学的思考力は、流動的・発展的なものである。したがって、これを評価する場合は、いつ、どこで、どのような内容を、どう評価するかということを経験過程の中に明確に位置づけ、学習指導では、評価の内容が加味され、児童の変容をもたらすような意図的指導によって、はじめて評価できるのである。また、評価としての意義がある。

しかし教育現場での評価の実態は、市販のワークテストや、単元指導終了後の1回のペーパーテストによる断片的な知識の評価で終わってしまう場合が多いようである。

このような現状を考えたとき、この研究をさらに進展させることは、理科学習の評価の改善に役立ち、科学的思考力の育成をねらう理科教育現代化への一つの資料を提供するものと考えらる。

この研究をすすめるにあたって、新潟市立小針小学校の先生方から絶大なご協力をいただいたことを付記し、感謝の意を表したい。

文 献

- 1) 12) 高島健一：教育科学「理科教育」No. 8 P.15 明治図書(1969)
- 2) 17) 広岡亮蔵：教育科学「理科教育」No. 2 P. 9, P.12 明治図書(1969)
- 3) 永田義夫：科学的思考を伸ばす理科指導 PR 3~4, PP. 257~259 東洋館出版社(1963)
- 4) 中野佐三：理科教育講座1 PP. 249~250 誠文堂新光社
- 5) 6) 7) 文部省：理科指導書 R 12, R 7 大日本図書(1960)
- 8) 永田義夫：理科の教育 Vol. 118, No. 4 R 29 東洋館出版社(1969)
- 9) 15) 新潟大学附属長岡小：指導過程における評価の実践的研究 R 2, R 46 (1967)
- 10) 中内敏夫：現代教育学2 RP 291~292 岩波書店
- 11) 金井達蔵：指導と評価 Vol. 15, No. 4 R 4 日本教育評価研究会(1969)
- 13) 18) 乾 実：科学的思考力の評価 RP 182~184 明治図書(1967)
- 14) 東京教育大附属小：問題解決とその評価 RP 90~109 文理書院(1968)
- 16) 山梨県立教育研修所：学習評価と指導法改善の研究 RP 42~43 (1967)

なお、研究の全般にわたって次の資料を参考にした。

- 信州大学附属松本小：科学的思考力を伸ばす理科指導 明治図書(1964)
- 日本初等理科教育研究会：理科教育実践の原理と方法 東洋館出版社(1967)
- 文部省：小学校指導書理科編 東京書籍(1969)
- 文部省：児童の実態に即した学習指導法の研究 東洋館出版社(1965)